



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 20 306 T2 2004.03.04**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 786 892 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 20 306.9**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 300 126.6**

(96) Europäischer Anmeldetag: **10.01.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **30.07.1997**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **02.04.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **04.03.2004**

(51) Int Cl.7: **H04N 1/047**

(30) Unionspriorität:

591847 25.01.1996 US

(73) Patentinhaber:

**Hewlett-Packard Co. (n.d.Ges.d.Staates
Delaware), Palo Alto, Calif., US; Agilent
Technologies, Inc. (n.d.Ges.d.Staates Delaware),
Palo Alto, Calif., US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

**Blalock, Travis N., Santa Clara CA 95051, US;
Baumgartner, Richard A., Palo Alto CA 94303, US;
Hornak, Thomas, Portola Valley CA 94028, US;
Smith, Mark T., San Mateo CA 94403, US**

(74) Vertreter:

**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049
Pullach**

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Verfolgung einer relativen Bewegung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich allgemein auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Nachverfolgen einer relativen Bewegung zwischen der Vorrichtung und einer interessierenden Region, beispielsweise zum Nachverfolgen einer relativen Bewegung anhand von Signalen von einem Array aus Photoelementen.

[0002] Bei einer Vielzahl von Anwendungen ist eine genaue Bestimmung des Weges einer Bewegung einer Vorrichtung relativ zu einer interessierenden Oberfläche wichtig. Falls beispielsweise eine getreue Darstellung eines Bildes eines gescannten Originals gewonnen werden soll, müssen genaue Informationen bezüglich der Bewegung der Scanvorrichtung entlang dem Original vorliegen. In der Regel ist das durch einen Scanner bereitgestellte aufgenommene Bild ein Pixeldatenarray, das in einem digitalen Format in einem Speicher gespeichert ist. Ein verzerrungsfreies Bild erfordert eine getreue Abbildung des Originalbildes auf das Pixeldatenarray.

[0003] In der US-A-5.149.980 ist die Verwendung einer Kreuzkorrelationsfunktion zum Bestimmen der relativen Bewegung zwischen einem Original und einem Array aus Photoelementen in einer gegebenen Richtung beschrieben. Die Patentschrift merkt an, daß der eindimensionale Lösungsansatz erweitert werden kann, um den Vektor einer zweidimensionalen relativen Bewegung zwischen dem Original und dem Array zu bestimmen, um eine Translation, Drehung und Skalierung in einer zweidimensionalen Ebene nachzuverfolgen. Die Patentschrift beschreibt die Verwendung eines optischen Sensorarrays, um eine „Signatur“ einzuholen. Die Signatur kann durch ein Beleuchten und Bild erfassen der Oberfläche des Originals oder anderer optischer Charakteristika des Originals bereitgestellt werden. Die Lichtintensität schwankt auf einer Pixel-Um-Pixel-Basis mit Schwankungen der Oberfläche des Originals. Durch ein Kreuzkorrelieren von Bildern der Oberfläche des Originals kann eine relative Bewegung zwischen dem Array und dem Original festgestellt werden.

[0004] Die Kreuzkorrelation der US-A-5.149.980 umfaßt ein Bilden eines ersten Arrays aus Lichtstärkewerten $s_1(k)$ ($k = 1, 2, \dots, N$), die vor einer Bewegung eines Originals, beispielsweise eines Blatts Papier, bestimmt werden. Das Blatt wird dann bewegt, und ein zweites Array aus Lichtstärkewerten $s_2(k)$ ($k = 1, 2, \dots, N$) wird für das Blatt bestimmt. Eine Kreuzkorrelationsfunktion wird aus der Summe einer Sequenz von Kreuzkorrelationsausdrücken $s_1(k + i - 1) s_2(k + k - 1)$ für eine ausgewählte Ganzzahl K gebildet. Der Kreuzkorrelationsfunktionswert wird anschließend durch die Wahl von K oder seines entsprechenden Kontinuumwerts, z. B. $K = K_0$, maximiert, und die Entfernung D , die das Blatt in der gegebenen Richtung zurückgelegt hat, wird als $D \approx (MF) (K_0 - i)d$ bestimmt, wobei d die Entfernung zwischen zwei aufeinanderfolgenden Photoelementen,

einschließlich jeglicher optischer Vergrößerungseffekte (MF), ist und i eine Ganzzahl ist, die eine Anfangsposition einer Sensorgruppe zum Überwachen des Blatts „Signatur“ darstellt.

[0005] Während der Kreuzkorrelationsprozeß der US-A-5.149.980 für seinen beabsichtigten Zweck gut funktioniert, erfordert seine Anwendung auf eine Bestimmung einer Bewegung innerhalb eines zweidimensionalen Schemas eine sequentielle Maximierung zweier oder dreier Kreuzkorrelationsfunktionen, wobei jede zwei oder drei Variablen aufweist, bezüglich derer eine Maximierung durchgeführt wird. Die Patentschrift selbst merkt an, daß die rechen-technische Komplexität der zweidimensionalen Erweiterung im Vergleich zu der rechen-technischen Komplexität des eindimensionalen Lösungsansatzes beträchtlich ist.

[0006] Bei einem verwandten Lösungsansatz beschreibt die U.S.-Patentschrift Nr. 4.270.143 einen Kreuzkorrelationsvideonachverfolger und ein Verfahren zum Nachverfolgen einer Bewegungsszene durch ein Speichern von Pixelinformationen eines Referenzrahmens und ein Vergleichen des Referenzrahmens mit Pixelinformationen eines nachfolgend gewonnenen Rahmens. Der Vergleich leitet Signale ab, die die Richtung und die winkelmäßige Entfernung der relativen Szenenbewegung angeben. Für jede der beiden orthogonalen Achsen werden lediglich zwei Kreuzkorrelationen berechnet. Eine Kreuzkorrelation für eine bestimmte Achse liegt für den Referenzrahmen und den nachfolgenden Rahmen, der um einen feststehenden Betrag in einer Richtung relativ verschoben ist, vor, während die andere Kreuzkorrelation für diese Achse für den Referenzrahmen und den nachfolgenden Rahmen, der um denselben Betrag in der entgegengesetzten Richtung relativ verschoben ist, vorliegt.

[0007] Die vorliegende Erfindung schafft ein verbessertes Nachverfolgen einer Vorrichtung.

[0008] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Nachverfolgen einer relativen Bewegung zwischen einer Vorrichtung und einer interessierenden Region bereitgestellt, wie in Patentanspruch 1 spezifiziert ist.

[0009] Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung gemäß Patentanspruch 7 geschaffen.

[0010] Die bevorzugten Ausführungsbeispiele können ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Nachverfolgen einer relativen Bewegung der Vorrichtung bezüglich einer interessierenden Region unter Berücksichtigung einer krummlinigen relativen Bewegung ohne ein hohes Maß an rechen-technischer Komplexität schaffen.

[0011] Das bevorzugte System zum Nachverfolgen einer relativen Bewegung zwischen einer Vorrichtung und einer interessierenden Region, beispielsweise der Oberfläche eines gescannten Substrats, umfaßt ein Befestigen zumindest eines zweidimensionalen Arrays aus Photoelementen an der Vorrichtung, der-

art, daß die Photoelemente Ausgangssignale erzeugen, die auf eine von der interessierenden Region empfangene Lichtenergie ansprechen, und umfaßt ferner ein Verwenden eines Nächster-Nachbar-Lösungsansatzes beim Korrelieren von Ausgaben des Arrays. Es werden Rahmen von Signalen, die eine empfangene Lichtenergie angeben, aufgenommen, wobei jedes Signal in einem Rahmen wirksam einem einzelnen Photoelement in dem Array zugeordnet ist. Eine relative Bewegung wird durch ein Bestimmen einer Korrelation zwischen den Signalen eines ersten Rahmens und den Signalen eines zweiten Rahmens nachverfolgt. Eine Gesamtkorrelation wird durch Summenbildungen an einzelnen Korrelationen für jedes der Signale in dem ersten Rahmen bestimmt. Die Summenbildungen einzelner Korrelationen erfolgen entlang acht Bewegungsrichtungen in einer Ebene, die jeweils um 45 Grad in bezug auf die vorherige gedreht sind. Eine neunte Summe gilt für den Fall einer fehlenden Bewegung. Einzelne Korrelationen sprechen auf ein bestimmtes Signal an dem ersten Rahmen und entweder auf das jeweilige Signal des zweiten Rahmens oder einen nächsten Nachbarn des jeweiligen Signals in dem zweiten Rahmen an.

[0012] Vorzugsweise umfaßt die Korrelation von Signalen des ersten und des zweiten Rahmens eine Anzahl von Teilschritten. Erstens wird ein einzelnes Signal des ersten Rahmens ausgewählt. Das Verarbeiten kann ein analoges Verarbeiten sein, und die Signal der Rahmen können aufgenommene Pixelwerte sein, dies ist jedoch nicht kritisch. Das ausgewählte einzelne Signal des ersten Rahmens entspricht einem einzelnen Photoelement des Arrays aus Photoelementen. Zweitens wird eine Anzahl von Signalen in dem zweiten Rahmen ausgewählt. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die ausgewählten Zweitrahmensignale diejenigen, die dem einzelnen Photoelement, das bezüglich des ersten Rahmens identifiziert ist, und den Photoelementen, die die einzelnen Photoelemente umgeben, d. h. den Nächster-Nachbar-Photoelementen, entsprechen. Neun Signale werden aus dem zweiten Rahmen ausgewählt, wobei acht der Zweitrahmensignale den Nächster-Nachbar-Photoelementen entsprechen und das neunte Signal das entsprechende Signal bezüglich des ausgewählten einzelnen Signals des ersten Rahmens ist, obwohl dies nicht kritisch ist.

[0013] Vorteilhafterweise werden bei dem nächsten Teilschritt des Korrelationsprozesses die Korrelationsausgaben erzeugt. Die Korrelationsausgaben sprechen auf das ausgewählte einzelne Signal des ersten Rahmens und eines der Signale des zweiten Rahmens an. Wiederum unter Bezugnahme auf das bevorzugte Ausführungsbeispiel werden neun Korrelationsausgaben auf das ausgewählte einzelne Signal des ersten Rahmens bezogen sein.

[0014] Vorzugsweise werden die Teilschritte zum Erzeugen von Korrelationsausgaben für andere ausgewählte Signale des ersten Rahmens ausgeführt. Das bevorzugte Ausführungsbeispiel ist eines, bei

dem Korrelationsausgaben für jedes Signal in dem ersten Rahmen erzeugt werden, wobei die Ausführung der Teilschritte in bezug auf das Nächster-Nachbar-Verarbeiten gleichzeitig und in derselben Reihenfolge bewerkstelligt wird. Eine Summenbildungsschaltung kann verbunden sein, um Summenbildungen der Korrelationsausgaben zu liefern.

[0015] Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel kann jede Korrelationsausgabe das Quadrat des Unterschieds zwischen einem Pixelwert des ersten Rahmens und einem der neun relevanten Pixelwerte des zweiten Rahmens sein. Statt dessen können jedoch auch andere Algorithmen zum Erzeugen von Korrelationsausgaben verwendet werden.

[0016] Der Korrelationsprozeß kann verwendet werden, um eine Bewegung während des Zeitraums zwischen einem Gewinnen des ersten Rahmens von Signalen und einem Gewinnen des zweiten Rahmens von Signalen zu bestimmen. Die Rahmen werden ausreichend schnell aufgenommen, so daß die relative Bewegung geringer ist als eine Pixellänge zwischen aufeinanderfolgenden Rahmen. Ein wesentlicher Vorteil des Analogsignalverarbeitungsverfahrens besteht darin, daß es die Fähigkeit liefert, die Datengewinnung und Signalverarbeitung schnell genug auszuführen, um es dem Benutzer zu ermöglichen, die Vorrichtung, z. B. einen in der Hand zu haltenden Scanner, bei einer angemessenen hohen Geschwindigkeit zu bewegen, ohne Verarbeitungsvorgänge beeinträchtigen.

[0017] Anschließend an die Korrelation des ersten und des zweiten Rahmens von Signalen kann der zweite Rahmen gespeichert werden, und der Korrelationsprozeß kann durch ein Verwenden des zweiten Rahmens und eines dritten Rahmens, der anschließend an den zweiten Rahmen gewonnen wird, fortgesetzt werden. Alternativ dazu können die Signale des ersten Rahmens einheitlich verschoben werden, was das Bild der interessierenden Region effektiv translatiert. Die Signale der translatierten Rahmen werden anschließend zu Signalen des anschließend gewonnenen dritten Rahmens korreliert.

[0018] Das Verfahren und die Vorrichtung können in einer breiten Vielfalt von Anwendungen verwendet werden. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die Vorrichtung ein in der Hand zu haltender Scanner, und das zweidimensionale Array aus Photoelementen ist ein Navigationssensor, der zu einem Bildsensor benachbart ist. Die während des Korrelationsprozesses gewonnenen Navigationsdaten werden verwendet, um Bilddaten von dem Bildsensor zuzuordnen, um eine Entsprechung zwischen einem gescannten original und einem ausgegebenen Bild zu erhöhen.

[0019] Ein Vorteil des bevorzugten Systems besteht darin, daß die Nächster-Nachbar-Architektur verwendet werden kann, um Kreuzkorrelationen mit relativen Verlagerungen einer Entfernung eines einzelnen Pixels zu bestimmen. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß durch ein Ermöglichen, daß das Referenzbild

translatiert wird, Kreuzkorrelationen über Entfernungen von mehreren Pixeln zwischen einem Referenzbild und einem Vergleichsbild nachverfolgt werden können. Das bevorzugte Verfahren und die bevorzugte Vorrichtung können Nächster-Nachbar-Bildkreuzkorrelationen in zwei Dimensionen für eine optische Navigation eines gescannten Originals erzeugen. Das Array weist die Fähigkeit des Ladens und Speicherns eines Referenzbildes und eines Vergleichsbildes in der analogen Domain auf. Ferner kann eine Kreuzkorrelation mit sehr wenig Strom und einer hohen Geschwindigkeit erreicht werden.

[0020] Durch ein Anwenden des bevorzugten Verfahrens in der Scannerbranche werden einem Scanner drei Bewegungsfreiheitsgrade gewährt. Falls das Original planar ist, sind zwei der Freiheitsgrade translatorisch und in der Ebene des Originals zueinander senkrecht, während der dritte Freiheitsgrad um die Senkrechte zu der Ebene des Originals umlaufend ist. Die Genauigkeit eines Rotationsnachverfolgens kann durch die Verwendung von zwei Navigationsarrays verstärkt werden, wobei sich die Arrays an gegenüberliegenden Enden des Bildsensors befinden.

[0021] Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen lediglich beispielhaft ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung beschrieben. Es zeigen:

[0022] **Fig. 1** eine perspektivische Ansicht einer in der Hand zu haltenden Scanvorrichtung, die einem mäanderartig verlaufenden Weg auf einem Original folgt;

[0023] **Fig. 2** eine rückwärtige Ansicht von Bilderfassungs- und Navigationssensoren der Scanvorrichtung der **Fig. 1**;

[0024] **Fig. 3** ein Blockdiagramm eines bevorzugten Ausführungsbeispiels eines Photoempfängerarrays und einer Verarbeitungsschaltungsanordnung;

[0025] **Fig. 4** ein Blockdiagramm eines Arrays aus Photoelementen und Transfervverstärkern der Verarbeitungsschaltungsanordnung der **Fig. 3**;

[0026] **Fig. 5** eine Betriebsansicht eines Ausführungsbeispiels der Navigationsverarbeitung der Scanvorrichtung der **Fig. 1**;

[0027] **Fig. 6** eine schematische Ansicht von ausgewählten Schritten der **Fig. 5**; und

[0028] **Fig. 7** ein Ausführungsbeispiel einer Rechenzelle des Rechenarrays der **Fig. 3**.

[0029] Unter Bezugnahme auf **Fig. 1** ist eine tragbare, in der Hand zu haltende Scanvorrichtung **10** gezeigt, wie sie einem mäanderartig verlaufenden Weg **12** entlang eines Originals **14** gefolgt ist. Das Original kann ein Stück Papier sein, die Erfindung kann jedoch auch mit anderen bildtragenden Originalen verwendet werden. Im Gebrauch der in der Hand zu haltenden Scanvorrichtung können die Positionen von inhärenten strukturellen Merkmalen, beispielsweise Papierfasern, nachverfolgt werden, und die sich ergebenden positionsbezogenen Informationen können verwendet werden, um Bilddaten zu berichtigen. Jedoch kann das System auch bei anderen Anwen-

dungen, einschließlich der Herstellung integrierter Schaltungen, verwendet werden.

[0030] Die Scanvorrichtung **10** ist vorzugsweise in sich geschlossen und batteriebetrieben. Jedoch kann die Vorrichtung eine Verbindung mit einer externen Leistungsquelle oder mit Datentoren von Computern oder Netzwerken umfassen. Die Scanvorrichtung umfaßt eine Bildanzeige **16**. Die Anzeige kann ein fast unmittelbares Betrachten eines aufgenommenen Bildes liefern. Die Anzeige ist nicht kritisch.

[0031] Die Scanvorrichtung **10** ermöglicht drei Freiheitsgrade, wobei sich zwei auf eine Translation und eine auf eine Drehung beziehen. Wie in **Fig. 1** gezeigt ist, ist der erste Grad die Seite-An-Seite-Bewegung (X-Achse-Bewegung) entlang des Originals **14**. Der zweite Freiheitsgrad ist eine Bewegung nach oben und nach unten entlang dem Original (Y-Achse-Bewegung). Der dritte Freiheitsgrad ist die Fähigkeit, die Vorrichtung mit einer rotationsmäßigen Fehlausrichtung eines linearen Arrays aus Bildsensorelementen relativ zu der Kante des Originals **14** (P-Fehlausrichtung infolge einer Z-Achse-Bewegung) zu betreiben. Das heißt, daß es nicht notwendig ist, das lineare Array aus Bilderfassungselementen senkrecht zu der Richtung der Vorrichtungstranslation beizubehalten.

[0032] Unter Bezugnahme auf **Fig. 1** und **2** umfaßt die Unterseite **18** der Scanvorrichtung **10** ein Schwenkbauglied **20**, das dazu beiträgt, einen ordnungsgemäßen Kontakt zwischen dem Original **14** und einem Bilderfassungssensor **22** aufrechtzuerhalten. Navigationssensoren **24** und **26** sind an den gegenüberliegenden Enden des Bilderfassungssensors angeordnet. Da die Navigationssensoren an dem Schwenkbauglied angebracht sind, befinden sich die Navigationssensoren in einer feststehenden Position relativ zu dem Bilderfassungssensor.

[0033] Aus Gründen der physischen Kompaktheit ist der Bilderfassungssensor **22** vorzugsweise eine Kontaktbildvorrichtung, jedoch können für Anwendungen, bei denen Kompaktheit ein geringeres Anliegen ist oder bei denen ein kleineres Bild erwünscht ist, Sensoren, die eine Projektionsoptik einsetzen, verwendet werden, mit einer Vergrößerung von weniger als Eins. Kontaktbildfassungsvorrichtungen verwenden in der Regel Linsen, die unter dem Markenzeichen SELFC verkauft werden, das ein nationweit eingetragenes Markenzeichen von Nippon Sheet Glass Company Limited ist. In weniger herkömmlichen Fällen kann ein Kontaktbildfassen unter Verwendung verschachtelter Arrayelemente von Quellen und proximalen Sensoren ohne Bilderfassungslinsen erhalten werden. Es können herkömmliche Bilderfassungssensoren für Scananwendungen verwendet werden. Der Bilderfassungssensor kann Teil einer Einheit sein, die ferner eine Beleuchtungsquelle, eine Beleuchtungsoptik und eine Bildübertragungsoptik umfaßt.

[0034] Bei **Fig. 1** ist der mäanderartig verlaufende Weg **12** mit vier und einer Bruchzahl von Bändern, d.

h. Seite-An-Seite-Durchläufen über das Original **14**, gezeigt. Ein für die meisten Anwendungen nützlicher Bilderfassungssensor **22** weist eine Länge im Bereich zwischen 25 mm und 100 mm auf. Die Bänder sollten Überlappungsregionen umfassen, so daß ein Schaltprozeß verwendet werden kann, um eine getreue Darstellung des gescannten Originals zu erzeugen.

NAVIGATIONSSENSOREN

[0035] Die Scanvorrichtung **10** umfaßt zumindest einen Navigationssensor **24** oder **26**. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel umfaßt die Vorrichtung ein Paar von Navigationssensoren, wobei sich die Sensoren an gegenüberliegenden Enden des Bilderfassungssensors **22** befinden. Die Navigationssensoren **24** und **26** werden verwendet, um eine Bewegung der Scanvorrichtung **10** relativ zu dem Original nachzuverfolgen.

[0036] Jeder Navigationssensor ist ein Array aus Photoelementen, das auf einem Integrierte-Schaltung-Substrat gebildet ist, das eine Auslese- und Signalverarbeitungsschaltungsanordnung umfaßt. Die über den Bereich eines Pixelabstands von 40 µm notwendige Positionsgenauigkeit beträgt 2,0 µm. Die sehr hohe positionsmäßige Genauigkeit erfordert einzelne Photoelemente, die eine Länge von nicht mehr als Zehntel Mikrometer aufweisen, um von Element zu Element ausreichend unterschiedliche Signale zu gewinnen. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel beträgt die auf dem Papieroriginal **14** gewünschte Pixelgröße 40 µm, und durch die Bildzeugungsoptik wird eine Vergrößerung von 1,5 erreicht, so daß die Photorezeptorelemente der Navigationssensoren **24** und **26** 60 µm × 60 µm betragen.

[0037] **Fig. 3** ist ein Blockdiagramm einer Schaltungsanordnung, die vorzugsweise in einem einzelnen Integrierte-Schaltung-Chip gebildet werden soll. Der Chip ist ein Analogsignalverarbeitungschip, der entworfen ist, um zweidimensionale Bilder zu gewinnen und zu verarbeiten, wobei Kreuzkorrelationsinformationen an eine externe Steuerung, nicht gezeigt, geliefert werden. Bei dem oben beschriebenen Ausführungsbeispiel verwendet die Steuerung die Bildkreuzkorrelationswerte, um X-Y-Positionsinformationen abzuleiten. Die X-Y-Positionsinformationen werden dann verwendet, um ein lineares Bild aus den unter Verwendung des Bilderfassungssensors **22** in **Fig. 2** gewonnenen Bilddaten genau zu rekonstruieren.

[0038] Bei dem Ausführungsbeispiel der **Fig. 3** ist der Navigationssensor **24** ein Array, das zweiunddreißig Reihen und achtundsechzig Spalten von Photoelementen aufweist. Ein Array aus achtundsechzig Spalten-Transferverstärkern **17** transferiert Signale Reihe um Reihe von dem Navigationssensor **24** an ein Array aus vierundsechzig Gleichsignal-Entfernungsschaltungen **19**. Bei einem kostengünstigen Bildaufnahmesystem ist es schwierig, eine Zielfläche

mit einer ganz und gar gleichmäßigen Lichtintensität über die gesamte abzubildende Fläche zu beleuchten. Die Fähigkeit, eine gleichmäßige Beleuchtung zu liefern, ist oft proportional zu den Kosten der optischen Einrichtung und der Lichtquelle. Überdies treten in der Abwesenheit einer Zelle-Um-Zelle-Kalibrierung eines herkömmlichen integrierten Lichtsensors infolge von Einschränkungen einer Integrierte-Schaltung-Verarbeitungstechnologie gewisse Empfindlichkeitschwankungen auf. Bei dem Navigationssystem zur Verwendung mit dem Analogsignalverarbeitungschip der **Fig. 3** ist es erforderlich, daß Kreuzkorrelationen zwischen einem einfallenden Bild und einem Bild, das zuvor an einer relativ zu einem Bilderfassungsarray anderen Stelle aufgenommen wurde, berechnet werden. Etwaige Schwankungen der Beleuchtung und der Photoelementempfindlichkeit verschlechtern das Korrelationssignal. Folglich wurden die räumlichen Gleichsignal-Entfernungsschaltungen **19** der **Fig. 3** entworfen, um die Integrität der Korrelationssignale aufrechtzuerhalten, während die Kosten des Systems relativ niedrig gehalten werden. Änderungen einer niedrigen Raumfrequenz in Bezug auf die Beleuchtung und Photoelementempfindlichkeit, die das Korrelationssignal ansonsten verfälschen würden, werden aus dem Navigationsbild entfernt. Ein Rechenarray **21** empfängt Daten von den Gleichsignal-Entfernungsschaltungen **19** und führt Berechnungen an den Daten durch, bevor es eine Korrelationsausgabe **23** an die chipexterne Steuerung transferiert. Ebenfalls in **Fig. 3** gezeigt ist eine Quelle **25** einer Steuerlogik für die verschiedenen Komponenten des Chip.

[0039] Ein Verständnis der Funktionsweise der Gleichsignal-Entfernungsschaltungen **19** ist für ein vollkommenes Verständnis der Funktionsweise des Rechenarrays **21** nicht kritisch und wird daher nicht ausführlich beschrieben. Es ist jedoch nützlich, die grundlegende Funktionsweise der Spaltentransferverstärker **17** zu verstehen.

SPALTENTRANSFERVERSTÄRKER VON PHOTOELEMENTSIGNALLEN

[0040] Unter Bezugnahme auf **Fig. 4** sind fünf Spalten **28**, **30**, **32**, **34** und **36** der achtundsechzig Spalten von Photoelementen gezeigt. Für jede der Spalten sind sechs der zweiunddreißig Reihen **38**, **40**, **42**, **44**, **46** und **48** dargestellt. Jede Spalte ist einem separaten Transferverstärker **50**, **52**, **54**, **56** und **58** wirksam zugeordnet. Ein Photoelement in einer Spalte wird durch Schließen eines Leseschalters **60** mit dem wirksam zugeordneten Transferverstärker verbunden. Bei dem Betrieb der Schaltungsanordnung der **Fig. 4** sind keine zwei Photoelemente gleichzeitig mit demselben Transferverstärker verbunden.

[0041] Jeder Transferverstärker **50–58** arbeitet als Integrator und umfaßt einen Eingang **62**, der mit einer Quelle einer feststehenden Spannung verbunden ist. Ein zweiter Eingang **64** ist durch einen Transferkon-

densator **68** kapazitiv mit dem Ausgang **66** des Transfervverstärkers verbunden.

[0042] Bei dem Betrieb der Schaltung der **Fig. 4** können die Leseschalter der ersten Reihe **38** von Photoelementen geschlossen sein, so daß jeder Transferkondensator **68** eine Ladung empfängt, die der Lichtenergie entspricht, die an dem zugeordneten Photoelement in der ersten Reihe empfangen wird. Die empfangene Ladung wird über die Ausgangsleitungen **66** an eine nachfolgende Verarbeitungsschaltungsanordnung transferiert. Die Ableseung einer einzelnen Reihe liegt schätzungsweise zwischen 200 ns und 300 ns. Anschließend an die Ableseung der ersten Reihe werden die Leseschalter der ersten Reihe geöffnet, und die Transfervverstärker werden zurückgesetzt. Die Leseschalter der zweiten Reihe **40** werden anschließend geschlossen, um die Signale von den Photoelementen der zweiten Reihe zu transferieren. Der Prozeß wird wiederholt, bis jede Reihe von Photoelementen gelesen ist.

[0043] Durch den Betrieb der Transfervverstärker **50–58** der **Fig. 4** werden Photoelementensignale Reihe um Reihe an eine nachfolgende Schaltungsanordnung transferiert. Die Gleichsignal-Entfernungsschaltungen **19** der **Fig. 3** setzen das parallele Verarbeiten von Photoelementensignalen fort, wie es durch die Spaltentransfervverstärker eingerichtet ist. Die Gleichsignal-Entfernungsschaltungen geben vierundsechzig Signale aus und sind für eine Lichtenergie, die an dem Navigationssensor **24** empfangen wird, repräsentativ. Bei dem Ausführungsbeispiel der **Fig. 3** besteht ein Rahmen von Signalen aus Pixelwerten an dem Rechenarray, wobei die Pixelwerte durch zweiunddreißig Transfers von vierundsechzig Signalen von den Gleichsignal-Entfernungsschaltungen gewonnen werden.

NAVIGATINSVERARBEITUNG

[0044] **Fig. 5** veranschaulicht die Schritte zum Durchführen der Erfindung zum Nachverfolgen einer relativen Bewegung zwischen einer Vorrichtung und einer interessierenden Region.

[0045] Während die Erfindung unter Bezugnahme auf ein Verarbeiten von Photoelementensignalen beschrieben wird, die Bilder von inhärenten strukturellen Merkmalen, beispielsweise Papierfasern eines Blatt Papiers, angeben, ist das Verfahren nicht auf eine bestimmte Anwendung beschränkt.

[0046] Die Schritte der **Fig. 5** werden durchgeführt, um aufeinanderfolgende Rahmen von Navigationsinformationen zu korrelieren. Tatsächlich vergleichen die Korrelationen die Positionen von abgebildeten Merkmalen in aufeinanderfolgenden Rahmen, um Informationen zu liefern, die auf die Position des Navigationssensors zu einem bestimmten Zeitpunkt bezogen sind. Bei der Anwendung des Prozesses auf Scanner wird die Erfassung von Korrelationen anschließend verwendet, um Bilddaten, die durch den Bilderfassungssensor **22** erzeugt werden, so zu ver-

arbeiten, daß sie das riginal genau repräsentieren.

[0047] Bei einem ersten Schritt **70** wird ein Referenzrahmen von Signalen gewonnen. Der Referenzrahmen kann als eine Startposition angesehen werden. Die Position eines Navigationssensors relativ zu einer abgebildeten Region zu einem späteren Zeitpunkt kann durch ein Gewinnen **72** eines Musterrahmens von Signalen von dem Navigationssensor zu dem späteren Zeitpunkt und ein anschließendes Berechnen von Korrelationswerten **74** in Bezug auf den Referenzrahmen und den später gewonnenen Musterrahmen bestimmt werden.

[0048] Ein Gewinnen des anfänglichen Referenzrahmens **70** kann auf eine Initiierung des Bilderfassungsprozesses hin stattfinden. Beispielsweise kann die Gewinnung alleine dadurch ausgelöst werden, daß die Scanvorrichtung mit dem riginal in Kontakt gebracht wird. Alternativ dazu kann die Scanvorrichtung eine Starttaste umfassen, die den Bilderfassungsprozeß und den Navigationsprozeß initiiert.

[0049] Während das Navigationsverarbeiten rechenstechnisch durchgeführt wird, können die Konzepte dieses Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die konzeptionelle Ansicht der **Fig. 6** beschrieben werden. Ein Referenzrahmen **76** von 7×7 Pixeln weist in der Figur ein Bild eines T-förmigen inhärenten strukturellen Merkmals **78** auf. Zu einem späteren Zeitpunkt (dt) gewinnt ein Navigationssensor einen Musterrahmen **80**, der bezüglich des Rahmens **76** verlagert ist, der jedoch im wesentlichen dieselben inhärenten strukturellen Merkmale zeigt. Die Dauer dt ist vorzugsweise derart eingestellt, daß die relative Verlagerung des T-förmigen Merkmals **78** weniger als ein Pixel des Navigationssensors bei der Translationsgeschwindigkeit der Scanvorrichtung beträgt. Diese relative Verlagerung wird hierin als „Mikroschritt“ bezeichnet.

[0050] Falls sich die Scanvorrichtung während des Zeitraums zwischen dem Gewinnen des Referenzrahmens **76** von Signalen und dem Gewinnen des Musterrahmens **80** von Signalen bewegt hat, wird das T-förmige Merkmal verschoben. Während dt bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel weniger als die Zeit ist, die eine Ganzes-Pixel-Bewegung ermöglicht, zeigt die konzeptionelle Darstellung der **Fig. 6**, daß sich das Merkmal **78** um ein ganzes Pixel nach oben und nach rechts verschoben hat. Diese Ganzes-Pixel-Verschiebung wird lediglich angenommen, um die Darstellung zu vereinfachen.

[0051] Ein Bauglied **82** in **Fig. 6** stellt sequentielle Verschiebungen eines Pixelwerts eines bestimmen Pixels in dem 7×7 -Array des Rahmens **80** dar. Die sequentiellen Verschiebungen sind individuelle Versätze in die acht Nächster-Nachbar-Pixel. Das heißt, daß Schritt „0“ keine Verschiebung umfaßt, Schritt „1“ eine diagonale Verschiebung nach oben und links ist, Schritt „2“ eine Verschiebung nach oben ist, usw. Die Verschiebungen werden für alle Pixel des Musterrahmens **80** gleichzeitig durchgeführt. Auf diese Weise können die neun pixelverschobenen Rahmen mit

dem Referenzrahmen **76** kombiniert werden, um das Array **84** aus Positionsrahmen zu erzeugen. Der als „Position **0**“ bezeichnete Positionsrahmen umfaßt keine Verschiebung, so daß das Ergebnis lediglich eine Kombination der Rahmen **76** und **80** ist. Die „Position **7**“ weist die minimale Anzahl an schattierten Pixeln auf und ist somit der Rahmen mit der höchsten Korrelation. Auf der Basis der Korrelationsergebnisse wird bestimmt, daß die Position des T-förmigen Merkmals **78** in dem Musterrahmen **80** eine diagonale Verschiebung nach rechts und nach oben relativ zu der Position desselben Merkmals bei dem zu einem früheren Zeitpunkt gewonnenen Referenzrahmen **76** ist, was bedeutet, daß sich die Scanvorrichtung während der Zeit dt nach links und nach unten bewegt hat.

[0052] Während auch andere Korrelationsansätze verwendet werden können, ist ein akzeptabler Ansatz eine Korrelation der „Summe der quadrierten Differenzen“. Für das Ausführungsbeispiel der **Fig. 6** liegen neun Korrelationskoeffizienten ($C_k = C_0, C_1, \dots, C_8$) vor, die aus den neun Versätzen bei dem Bauglied **82** gebildet sind. Eine andere ption bezieht sich auf das Verschieben des Musterrahmens **80**, da die Korrelation durch ein Versetzen des Referenzrahmens **76** und des Unverschobenlassens des Musterrahmens gleichermaßen gut funktioniert.

[0053] Korrelationen werden verwendet, um die Positionen von identischen Merkmalen **78** in aufeinanderfolgenden Rahmen **76** und **80** zu finden, um die Verlagerungen der Merkmale von Rahmen zu Rahmen zu ermitteln. Ein Summieren oder Integrieren dieser Verlagerungen ermittelt die Verlagerungen des Bilderfassungssensors, während eine Scanprozedur fortschreitet.

[0054] Wie zuvor erwähnt wurde, werden die Rahmen-Zu-Rahmen-Korrelationen als „Mikroschritte“ bezeichnet, da Rahmengewinnungsraten ausreichend hoch gewählt werden, um zu gewährleisten, daß die Verlagerungen nicht die Abmessung eines einzelnen Pixels übersteigen. Unter Bezugnahme auf **Fig. 5** wird anschließend an jede Berechnung der Korrelationswerte bei Schritt **74** eine Bestimmung **86** durchgeführt, ob der Referenzrahmen vor einer nachfolgenden Korrelationsverarbeitung ersetzt werden soll. Falls bestimmt wird, daß der Referenzrahmen nicht ersetzt werden soll, wird bei Schritt **88** eine Bestimmung durchgeführt, ob die Signale, d. h. die Pixelwerte, des Referenzrahmens translatiert werden sollen. Falls das T-förmige Merkmal **78** der **Fig. 6** von der Gewinnung des Referenzrahmens **76** bis zu der Gewinnung des Musterrahmens **80** um einen vollen Pixelwert verlagert wurde, können die Pixelwerte des Referenzrahmens **76** nach oben und nach rechts verschoben werden, um einen translatierten Referenzrahmen zu bilden. Dies ist bei Schritt **90** in **Fig. 5** gezeigt. Der verschobene Referenzrahmen kann dann mit einem bei Schritt **72** gewonnenen neuen Musterrahmen verglichen werden. Die Entscheidung, die Pixelwerte nicht zu translatieren, wird getroffen, wenn

das abgebildete Merkmal eine relative Verlagerung lediglich eines kleinen Abschnitts der Pixelentfernung durchlaufen hat.

[0055] Wenn, unter erneuter Bezugnahme auf Schritt **86**, die Bestimmung getroffen wird, den Referenzrahmen zu ersetzen, wird der Musterreferenzrahmen **80** in **Fig. 6** zu dem neuen Referenzrahmen, wie bei Schritt **92** in **Fig. 5** gezeigt ist. Bei Schritt **72** wird dann ein neuer Musterrahmen gewonnen, und der Prozeß setzt sich fort. Während der Prozeß ein hohes Maß einer Korrelationsübereinstimmung liefert, akkumulieren etwaige trotzdem auftretende Fehler, falls der Referenzrahmen nicht periodisch ersetzt wird, sondern statt dessen bei Schritt **90** periodisch verschoben wird. Um der Wachstumsrate dieses „Zufällige-Bewegung“-Fehlers eine Beschränkung aufzuerlegen, wird bei Schritt **92** ein neuer Referenzrahmen gewonnen. Lediglich beispielhaft kann der Referenzrahmen systematisch ersetzt werden, bevor eine etwaige fünfte Verschiebung bei Schritt **90** stattfinden kann.

[0056] Auf der Basis der Nachverfolgung einer Bewegung der abgebildeten Merkmale kann die relative Bewegung zwischen dem Photoempfängerarray und der abgebildeten Region nachverfolgt werden. Bei der Anwendung des Systems auf eine Scanvorrichtung **10**, wie sie in **Fig. 1** und **2** gezeigt ist, können diese Navigationsinformationen dann verwendet werden, um die Bildinformationen von dem Bilderfassungssensor **22** anzuordnen, um eine treue Darstellung des Bildes des Originals zu liefern. Bei einer Form des Anordnens der Bildinformationen können die Navigationsinformationen verwendet werden, um die Bildinformationen mit einer Positionsmarkierung zu versehen.

RECHENZELLE

[0057] **Fig. 7** ist ein schematisches Diagramm einer einzelnen Zelle in dem Rechenarray **21** der **Fig. 3**. Fachleute werden jedoch verstehen, daß auch andere Schaltungen verwendet werden können, um die unter Bezugnahme auf **Fig. 5** und **6** beschriebenen Prozeßschritte durchzuführen.

[0058] Bilddaten $WDATEN(i)$ sind repräsentativ für eine Lichtenergie von einem bestimmten Photoelement, das bei einer Leitung **96** in die Rechenzelle **94** geladen wird, wobei ein ladungskompensierter Transistorschalter **98** der Steuerung eines $WR(j)$ -Signals unterliegt. Nachdem das $WR(j)$ -Signal deaktiviert ist, werden die neuen Daten an dem Kondensator **100** gehalten und durch einen Verstärker **102** gepuffert. Die Rechenzelle ist eine Datenzelle in einem zweidimensionalen Array aus Zellen. Unter kurzer Bezugnahme auf **Fig. 6** kann die Zelle verwendet werden, um Pixelwerte zu speichern und um die Pixelwerte um ein einziges Pixel in dem 7×7 -Array, das die Rahmen **76** und **80** umfaßt, zu verschieben. Der CDA-TEN-Knoten **104** der **Fig. 7** ist ein CDA-TEN-Knoten in dem Rechenarray, der eine gleichzei-

tige Signalverarbeitung aller Pixel eines Rahmens von Signalen erlaubt. Anfänglich bildet das Array aus CDATEN-Knoten kollektiv das Vergleichsbild bzw. den „Referenzrahmen“. Wie nachfolgend erläutert wird, bilden die CDATEN-Knoten anschließend den Musterrahmen. Ein Steuereingang CDUT **106** wählt Signal-CDATEN, Vergleichsdaten aus oder wählt REFUT für den Nächster-Nachbar-Ausgangsknoten NN(0) **108** aus.

[0059] Die Nächster-Nachbar-Eingänge NN(0)-NN(8) **108, 112, 114, 116, 118, 120, 122, 124** und **126** werden mittels Schaltsteuersignalen S(0)-S(8) auf Leitungen **128** separat ausgewählt. Die NN(0)-NN(8)-Eingänge **108–126** sind die Ausgänge der Nächster-Nachbar-Zellen gemäß der Pixelabbildung **82** der **Fig. 6**. Folglich ist der Knoten **108** sowohl als ein Ausgang, der für eine Verbindung mit Nächster-Nachbar-Zellen aufgefächert ist, als auch als ein Eingang für die Zelle **94** gezeigt. Die Schaltsteuersignale werden durch einen nicht gezeigten **4–9**-Codierer erzeugt, der sich außerhalb des Rechenarrays befindet. Die 4-Bit-Eingabe in den Codierer wird als die Nächster-Nachbar-Adresse bezeichnet und weist binäre Werte von 0000(0) bis 1000(8) auf.

[0060] Der Nächster-Nachbar-Eingangsknoten (NNINPUT-Knoten) **130** wird durch ein Pulsieren von REFLD **132** abgetastet, wodurch der NNINPUT an einem Knoten REFH **134** gespeichert wird. Desgleichen können REFDATEN **136** durch ein Pulsieren von REFSFT **140** abgetastet und an REFSH **138** gehalten werden.

[0061] Zum Testen kann RWTSTB **142** aktiviert werden, was es dem NN(0)-Signal ermöglicht, sich zu dem TEST-Ausgang **144** auszubreiten. Die TEST-Signale von jeder Zelle in einer Reihe von Zellen sind mit gemeinsamen vertikalen Bussen in jeder Spalte des Rechenarrays verbunden und werden am unteren Ende des Arrays multiplexiert und von dem Chip weggetrieben. Ein Standardreihendecodierer entlang der linken Kante des Arrays ermöglicht eine Auswahl einer bestimmten Reihe zum Test. Das Testmerkmal ist für das System jedoch nicht kritisch.

[0062] Jede Rechenzelle **94** in dem Array aus Zellen weist eine Schaltung **146** auf, die die in **Fig. 5** unter Bezugnahme auf Schritt 74 identifizierten Korrelationswerte bestimmt. Ein erster Eingang **148** empfängt die Referenzdaten von dem REFDATEN-Knoten **136**. Ein zweiter Eingang **150** liefert den durch das geeignete Schaltsteuersignal bei Leitungen **128** ausgewählten Nächster-Nachbar-Eingang NNINPUT. Der Ausgang **152** der Korrelationszelle ist ein Strom. Alle Korrelationsausgänge in dem Rechenarray werden in einem einzelnen chipexternen Summierungswiderstand einer Nachverfolgungsschaltung **154** zusammenaddiert. Die Spannung, die sich über den Summierungswiderstand entwickelt, wird in **Fig. 5** als die Korrelationswerte bezeichnet.

[0063] Bei dem Ausführungsbeispiel der **Fig. 7** beruht die Schaltung **146** auf einer Quadrierte-Diffe-

renz-Berechnung. Die Zelle **94** kann modifiziert werden, um produktbasierte Korrelationen zu liefern, ohne die grundlegende Architektur des Arrays zu modifizieren. Steuereingänge S(0)-S(8), REFLD, REFSFT und CDUT sind für das gesamte Array gleich.

[0064] Es ist wichtig, die Beziehung zwischen der in **Fig. 6** durch 82 dargestellten Nächster-Nachbar-Abbildung für eine einzelne Zelle und für das Array als Ganzes zu verstehen. Die Position **0** eines Bildes bezieht sich auf die derzeitige Position des Bildes. Wenn auf die Bewegung eines Bildes von der Position **0** zu einer Position **1** Bezug genommen wird, lautet die Darstellung, daß die Bildsignale in allen Zellen des Arrays zu der Nachbarzelle, die sich zur Linken und oben befindet, bewegt werden. Das heißt, daß die Bewegung für eine einzelne Zelle in dem Rechenarray relevant ist und für jede Zelle in dem Array relevant ist.

[0065] Die Rechenarrayfunktionalität kann am besten anhand von vier grundlegenden Operationen beschrieben werden: Bildgewinnung, Referenzbildladung, Korrelationsberechnung und Referenzbildtranslation. Die Bildgewinnung bezieht sich auf das Laden neuer Bildsignale über die WDATA-Leitung **96** jeder Rechenzelle **94**. Bei der bevorzugten Implementierung wird alle 40 Ts ein neuer Rahmen von Signalen, d. h. Pixelwerten, über die Spaltentransferverstärker und die Gleichstromentfernungsverstärker von dem Photoelementarray gewonnen.

[0066] Der Prozeß des Ladens eines neuen Bildes wird als „Rahmentransfer“ bezeichnet. Es dauert ungefähr 10 Ts, einen Rahmentransfer zu vollenden. Die Rahmentransfersteuerschaltung aktiviert ein Signal FTB, nicht gezeigt, während eines Rahmentransfers. Die unten beschriebenen Operationen des Rechenarrays werden durch ein Beobachten und Synchronisieren mit dem FTB-Signal mit dem Rahmentransferprozeß koordiniert. Die Gültigkeit eines neuen Vergleichsbildes wird durch die abfallende Flanke des FTB-Signals signalisiert. Die nachfolgend beschriebenen Operationen sind nur dann angebracht, wenn FTB nicht aktiviert ist.

[0067] Bevor Bildkorrelationen berechnet werden können, ist ein Laden eines Referenzrahmens von Pixelwerten erforderlich. Um den Referenzrahmen zu laden, müssen alle Signale an den CDATEN-Knoten **104** in dem Rechenarray zu den REFH-Knoten **134** transferiert werden. Dies wird dadurch bewerkstelligt, daß CDUT **106** und S(0) auf Hoch eingestellt werden und das REFLD-Signal auf der Leitung **132** pulsiert wird. Der Referenzrahmen kann auch von einer anderen Nächster-Nachbar-Position geladen werden, indem statt S(0) eines der S(1)-S(8)-Eingangssignale aktiviert wird. Ein Verstärker **156** puffert den REFH-Knoten **134** von den REFDATEN-Knoten **136**. Das zweidimensionale Array aus REFDATEN-Knoten **136** in dem Rechenarray wird anschließend kollektiv als der Referenzrahmen bezeichnet.

[0068] Nachdem ein Referenzrahmen geladen wurde, ist das Rechenarray bereit, Korrelationen zu be-

rechnen. Korrelationen zwischen dem Referenzrahmen von Pixelwerten und dem nachfolgenden Musterrahmen werden berechnet, indem die Nächster-Nachbar-Adresse auf den gewünschten Wert eingestellt wird und die sich ergebende Spannung, die sich über den Summierungswiderstand der Verlagerungsnachverfolgungsschaltung **154** entwickelt, aufgezeichnet wird. Wenn sich das Photoempfängerarray um eine Entfernung eines einzigen Pixels von der Position, an der der Referenzrahmen gewonnen wurde, wegbewegt hat, wird an einer der Nächster-Nachbar-Positionen eine starke Korrelation erfaßt, da dort ein minimaler Pegel eines Ausgangsstroms vorliegt. Bei **Fig. 6** wird die Korrelation als an einer PSITIN **7** in dem Array **84** befindlich erfaßt. Bewegungen von Teilpixeln können bestimmt werden, indem von mehreren Stromausgabeablesungen in einem zweidimensionalen Korrelationsraum interpoliert wird.

[0069] Es sollte erwähnt werden, daß Korrelationen zwischen dem Referenzrahmen und sich selbst berechnet werden können, indem CDUT **106** auf Niedrig eingestellt wird und REFSFT **140** pulsiert wird. Dies bewirkt, daß die Nächster-Nachbar-Eingänge von dem Referenzrahmen und nicht von dem Musterrahmen kommen.

[0070] **Fig. 5** bezog sich auf den Schritt 90 des Verschiebens des Referenzrahmens. Die Navigationsgenauigkeit kann verbessert werden, falls ein einziger Referenzrahmen für mehrere Pixelbewegungen des Photoempfängerarrays relativ zu der abgebildeten interessierenden Region verwendet werden kann. Aufgrund von Einschränkungen der Verfügbarkeit eines Leitwegbereichs in dem Rechenarray ist es unpraktisch, eine Verbindbarkeit zwischen Zellen mit anderen Zellen als Nächster-Nachbar-Rechenzellen bereitzustellen. Eine Verwendung desselben Referenzrahmens für mehrere Pixelbewegungen erfordert jedoch die Fähigkeit, über die Nächster-Nachbar-Zellen „hinauszureichen“. Dieses Problem wird mit der Referenzrahmenverschiebung bei Schritt **90** gelöst.

[0071] Auf eine Erfassung, daß die relative Bewegung zwischen dem Navigationssensor und der interessierenden abgebildeten Region eine Entfernung eines Pixels beträgt oder übersteigt, wird der Referenzrahmen zu der neuen Position in dem Rechenarray verschoben. Die Verschiebung zu der neuen Position fällt mit der erfaßten relativen Bewegung zusammen. Wenn sich der Referenzrahmen nun in der neuen Position befindet, werden Nächster-Nachbar-Korrelationen zu Korrelationen zwischen dem translatierten Referenzrahmen und einem neu gewonnenen Musterrahmen. Durch ein Translatieren der Pixelwerte des Referenzrahmens zu neuen Positionen wird eine Verbindbarkeit zwischen Zellen auf einem Minimum gehalten, ohne die Navigationsgenauigkeit zu beeinträchtigen.

[0072] Die Translation des Referenzrahmens, der bei Schritt 90 in **Fig. 5** identifiziert wird, wird unter den einzelnen Rechenzellen des Rechenarrays bewerkstelligt. Unter Bezugnahme auf die Rechenzelle **94**

der **Fig. 7** besteht ein erster Schritt darin, REFSFT **140** Hoch zu pulsieren, um das REFDA-TEN-Signal **136** bei REFSH **138** abzutasten und zu halten. Ein dritter Pufferverstärker **158** treibt REFUT **160** mit dem REFSH-Signal. CDUT **106** wird Niedrig getrieben, was ermöglicht, daß REFUT **160** an dem NN(0)-Knoten **108** aus der Rechenzelle **94** ausgehen wird.

[0073] Anschließend wird die Nächster-Nachbar-Adresse eingestellt, um das geeignete S(0)-S(8)-Eingangssignal von den Schaltsteuersignalleitungen **128** auszuwählen. Falls beispielsweise erfaßt wird, daß sich das T-förmige Merkmal **78** in **Fig. 6** von dem Zeitpunkt, zu dem der Referenzrahmen **76** gewonnen wird, bis zu dem Zeitpunkt, zu dem Musterrahmen **80** gewonnen wird, nach rechts und nach oben bewegt hat, müssen die Pixelwerte, die den Referenzrahmen umfassen, von Zelle zu Zelle nach rechts und nach oben verschoben werden. Da die S(0)-S(8)-Signale die Adresse des Zelleingangs NNINPUT **130** schalten, muß S(7) Hoch getrieben werden, um eine Bewegung des Pixelwerts von der Position **7** von **82** in **Fig. 6** zu der Position **0** zu ermöglichen. Dies findet in jeder Rechenzelle des Rechenarrays statt. Nachdem sich REFUT **160** auf den NNINPUT **130** der entsprechenden Nachbarzelle eingestellt hat, wird REFLD **132** Hoch pulsiert, um die translatierten Referenzwerte bei REFH **134** abzutasten und zu halten. Nachdem diese Operation in jeder der Rechenzellen des Arrays stattgefunden hat, ist das Rechenarray wieder bereit, Korrelationen zu berechnen.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zum Nachverfolgen einer relativen Bewegung zwischen einer Vorrichtung (**10**) und einer interessierenden Region (**14**), wobei das Verfahren folgende Schritte umfaßt:

Befestigen eines zweidimensionalen Arrays (**24**) aus Photoelementen an der Vorrichtung, derart, daß jedes Photoelement eine Ausgabe erzeugt, die auf eine an dem Photoelement von der interessierenden Region empfangene Lichtenergie anspricht;

Ableiten (**70** und **72**) von Rahmen von Signalen von den Ausgaben von dem Array aus Photoelementen zu bestimmten Zeitpunkten, derart, daß die Signale in jedem der Rahmen eine Entsprechung mit den Photoelementen in dem Array aufweisen, einschließlich eines Begrenzens einer Dauer zwischen einem Ableiten aufeinanderfolgender Rahmen auf eine Zeitspanne, in der die erwartete relative Bewegung geringer ist als eine Länge eines der Photoelemente, wobei der Schritt des Ableitens ein aufeinanderfolgendes Ableiten eines ersten Rahmens (**76**) der Signale zu einem ersten bestimmten Zeitpunkt und Ableiten eines zweiten Rahmens (**80**) der Signale zu einem zweiten bestimmten Zeitpunkt umfaßt;

Befähigen von Korrelationssignale erzeugenden Schaltungen zum Korrelieren (**74**) der Signale des

ersten Rahmens mit den Signalen des zweiten Rahmens, um eine relative Bewegung zwischen der Vorrichtung und der interessierenden Region zu bestimmen, einschließlich der folgenden Teilschritte:

(a) Auswählen (**82**) von Signalen aus dem ersten Rahmen in einer verschobenen Beziehung (**84**) zu einem bestimmten Signal des zweiten Rahmens, derart, daß jedes der aus dem ersten Rahmen ausgewählten Signale von dem bestimmten Signal des zweiten Rahmens um einen Verschiebungsbetrag versetzt ist, wobei der Verschiebungsbetrag eine Entsprechung mit einer Verschiebung eines einzelnen Photoelements in dem Array aus Photoelementen aufweist, so daß die Signale aus dem ersten Rahmen denjenigen Photoelementen des Arrays entsprechen, die zu dem Photoelement, das dem bestimmten Signal des zweiten Rahmens entspricht, unmittelbar benachbart sind,

(b) Erzeugen von Korrelationsausgaben (**152**), ansprechend auf Korrelationen zwischen den Signalen, die im Teilschritt (a) aus dem ersten Rahmen ausgewählt sind, und dem bestimmten Signal, einschließlich eines Erzeugens jeder der Korrelationsausgaben aus einer unterschiedlichen der ein Korrelationssignal erzeugenden Schaltung, wodurch eine Korrelationsausgabe für eine Mehrzahl von Verschiebungsrichtungen relativ zu dem Photoelement erzeugt wird, das dem bestimmten Signal des zweiten Rahmens entspricht, und

(c) wiederholtes Ausführen der Teilschritte (a) und (b), um Korrelationsausgaben für jedes einer Mehrzahl der Signale aus dem zweiten Rahmen zu erzeugen; und

auf der Basis der in dem Korrelationsschritt erzeugten Korrelationsausgaben, Bestimmen (**154**) einer relativen Bewegung zwischen der Vorrichtung und der interessierenden Region zwischen dem ersten bestimmten Zeitpunkt und dem zweiten bestimmten Zeitpunkt.

2. Ein Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem der Teilschritt (c) des wiederholten Ausführens der Teilschritte (a) und (b) ein Auswählen (**82**) von acht Verschiebungsrichtungen relativ zu einer nicht verschobenen Position umfaßt, wodurch zumindest acht Korrelationsausgaben erzeugt (**74**) werden.

3. Ein Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem der Schritt des Ableitens (**70** und **74**) der Rahmen (**76** und **80**) ein Schritt eines Aufnehmens von Rahmen von Pixelwerten ist, die eine zu den bestimmten Zeitpunkten an den Photoelementen empfangene Lichtenergie angeben.

4. Ein Verfahren gemäß Anspruch 3, bei dem der Schritt des Korrelierens (**74**) der Signale des ersten und des zweiten Rahmens ein wiederholtes Translatieren des aufgenommenen zweiten Rahmens (**80**) von Pixelwerten relativ zu dem aufgenommenen ersten Rahmen (**76**) von Pixelwerten umfaßt, wodurch

eine Erzeugung (**74**) einer der Korrelationsausgaben für jede Translation ermöglicht wird.

5. Ein Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, das die Schritte des Speicherns des ersten Rahmens (**76**) und des Korrelierens der Signale des gespeicherten ersten Rahmens bezüglich Signalen einer Mehrzahl von Rahmen (**80**), die nach dem ersten Rahmen abgeleitet wurden, umfaßt, wobei jeder der Teilschritte (a), (b) und (c) für jede Korrelation ausgeführt wird.

6. Ein Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Schritt des Befestigens des zweidimensionalen Arrays an der Vorrichtung ein Schritt des Befestigens eines Navigationssensorarrays (**24**) an einem Scanner (**10**) ist, der ein Bildarray (**22**) aus Photoelementen aufweist.

7. Eine Vorrichtung, die in der Lage ist, ihre Bewegung relativ zu einer interessierenden Region nachzuverfolgen, und die folgende Merkmale aufweist:

einen Navigationssensor (**24**), der ein zweidimensionales Array aus Photoelementen aufweist, die auf einen Empfang einer Lichtenergie ansprechen;

eine erste Schaltungseinrichtung (**50**, **52**, **54**, **56** und **58**) zum Ableiten von Rahmen (**76** und **80**) von Signalen, wobei jedes Signal in einem Rahmen eine zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem einzelnen Photoelement empfangene Lichtenergie angibt, und die wirksam ist, um die Signale auszugeben, wobei jedes der Signale einem Photoelement des Arrays entspricht; und

eine mit der ersten Schaltungseinrichtung verbundene zweite Schaltungseinrichtung (**94**) zum Korrelieren eines ersten und eines zweiten Rahmens der aus der ersten Schaltungseinrichtung ausgegebenen Signale, um eine relative Bewegung zwischen der Vorrichtung und der interessierenden Region zu bestimmen, wobei die zweite Schaltungseinrichtung ein Array aus Korrelationssignalen erzeugenden Schaltungen (**146**) in einer Eins-Zu-Eins-Entsprechung mit den Signalen umfaßt, wobei jede Korrelationssignale erzeugende Schaltung wirksam ist, um das einem einzelnen Photoelement des Arrays entsprechende Signal zu empfangen (**148**), und selektiv verbindbar ist, um die Signale, die anderen Photoelementen entsprechen, die zu dem einzelnen Photoelement in dem Array unmittelbar benachbart sind, zu empfangen (**150**), wobei jede Korrelationssignale erzeugende Schaltung wirksam ist, um eine Korrelationssignalausgabe (**152**) ansprechend auf das Signal, das dem einzelnen Photoelement entspricht, und auf die Signale, die den andere Photoelementen entsprechen, zu erzeugen.

8. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 7, die einen Bildsensor (**22**) in einer festen Beziehung zu dem Navigationssensor (**24**) aufweist, wobei der Bildsensor

eine Mehrzahl von Photoelementen zum Bilden von Bildinformationen der interessierenden Region umfaßt.

9. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 8, die eine Einrichtung (**154**) zum positionsmäßigen Markieren der Bildinformationen auf der Basis der Ausgaben (**152**) von den Korrelationsausgabeschaltungen (**146**) aufweist.

10. Eine Vorrichtung gemäß Anspruch 7, 8 oder 9, bei der die Korrelationssignale erzeugenden Schaltungen (**146**) differenzquadrierte Schaltungen umfassen, die jeweils eine erste Eingabe (**148**) von dem einzelnen Photoelement des Arrays und eine zweite Eingabe (**150**), die mit den anderen Photoelementen sequentiell verbunden ist, umfassen.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

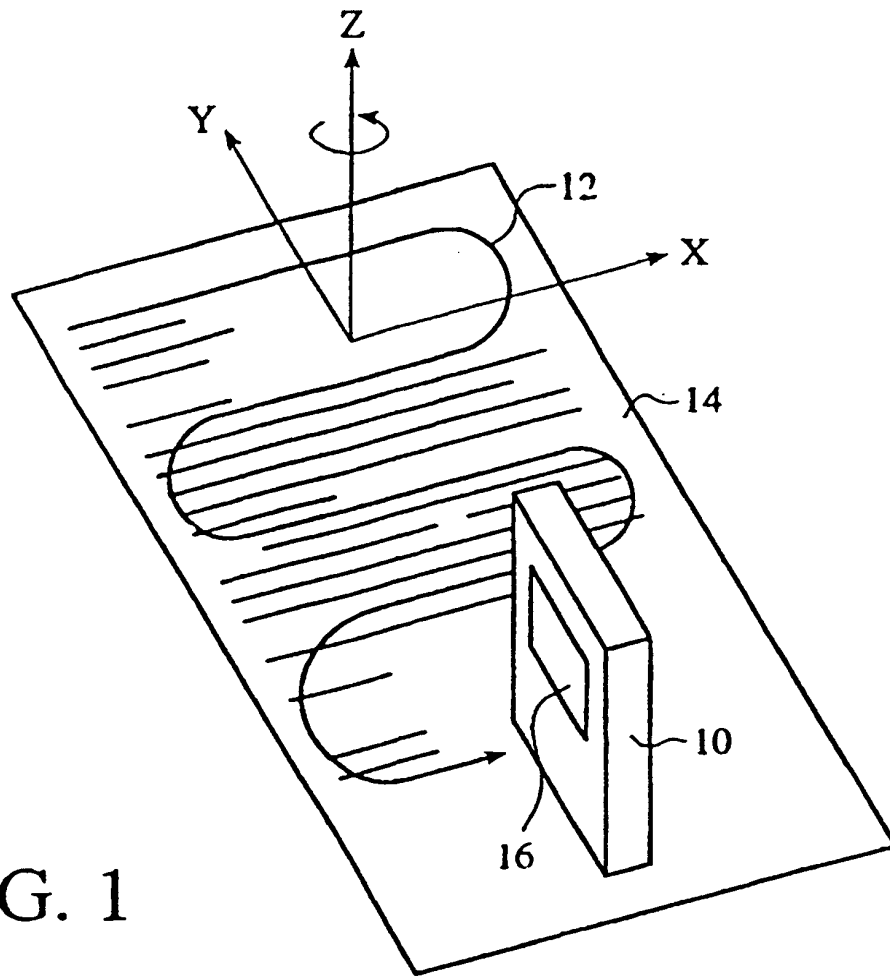


FIG. 1

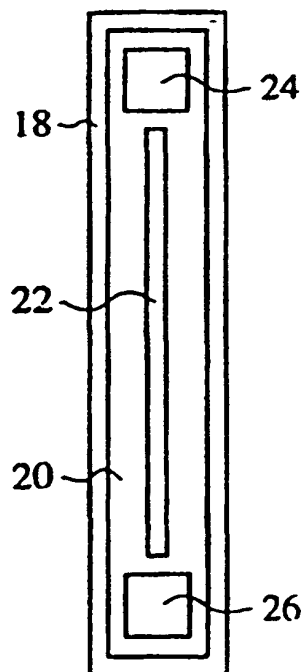


FIG. 2

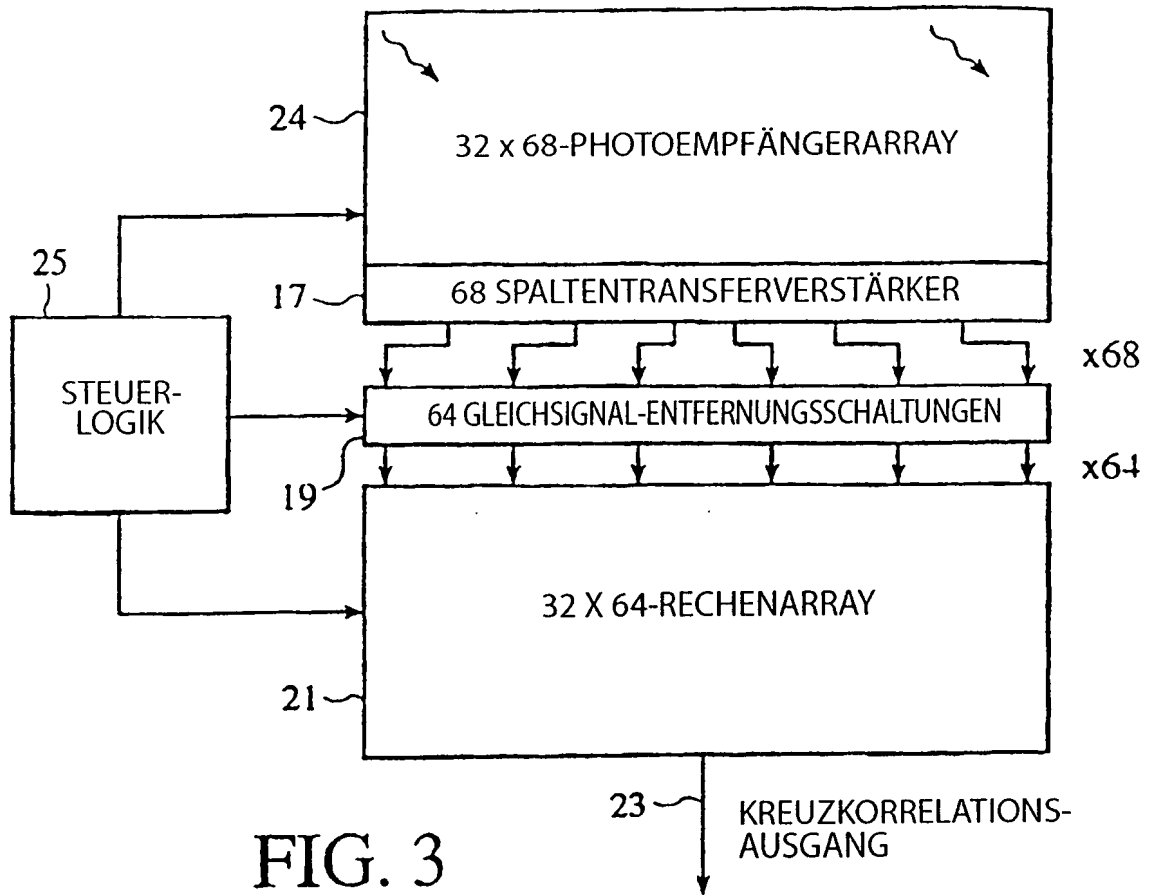


FIG. 3

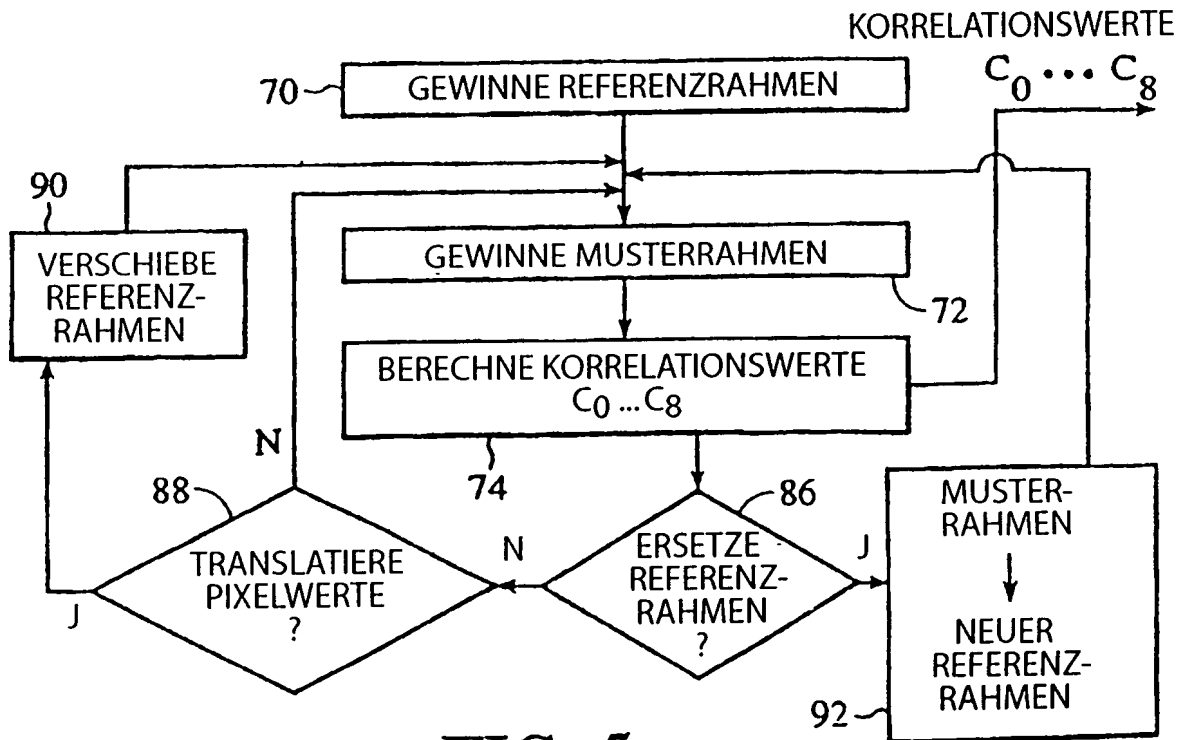


FIG. 5

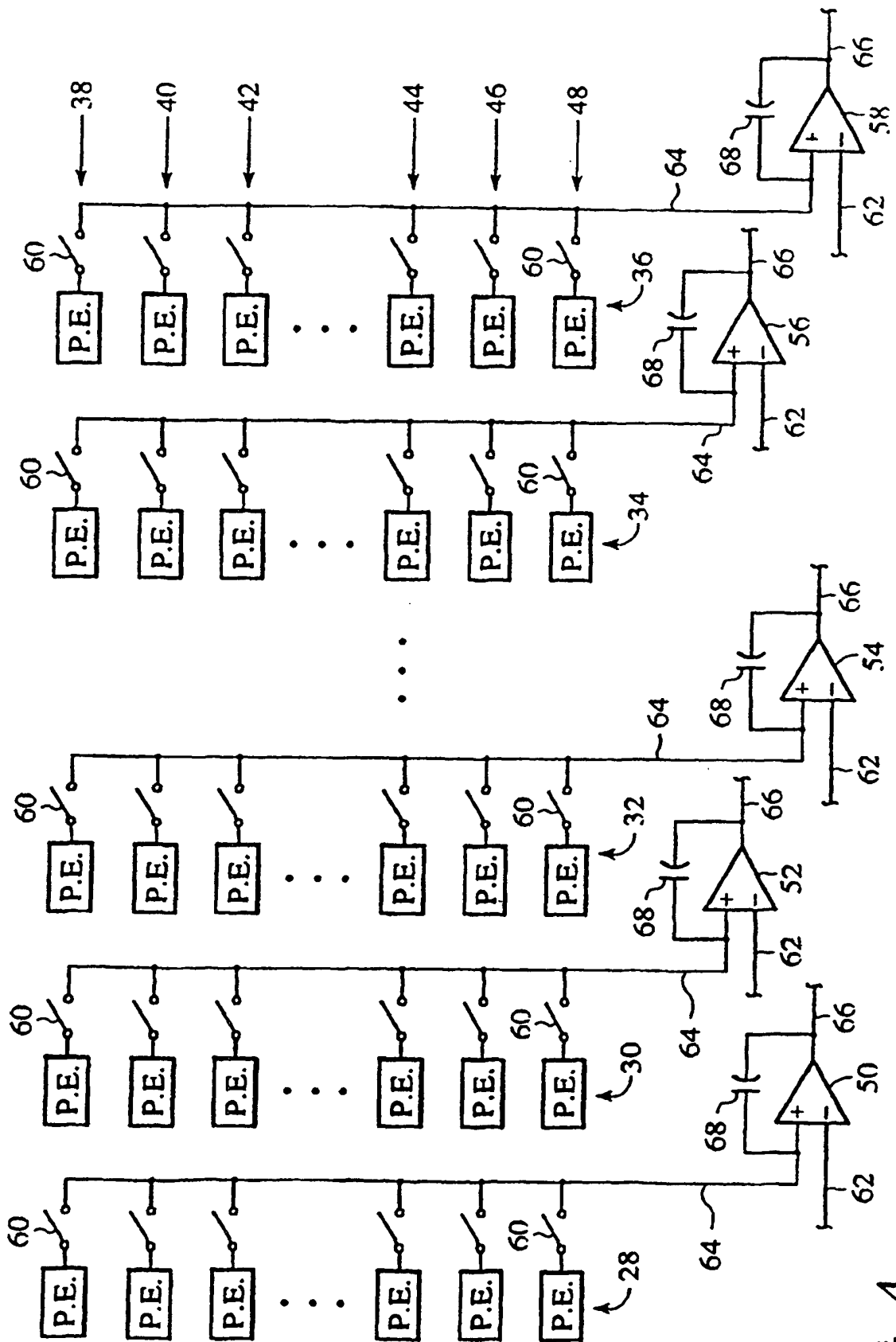


FIG. 4

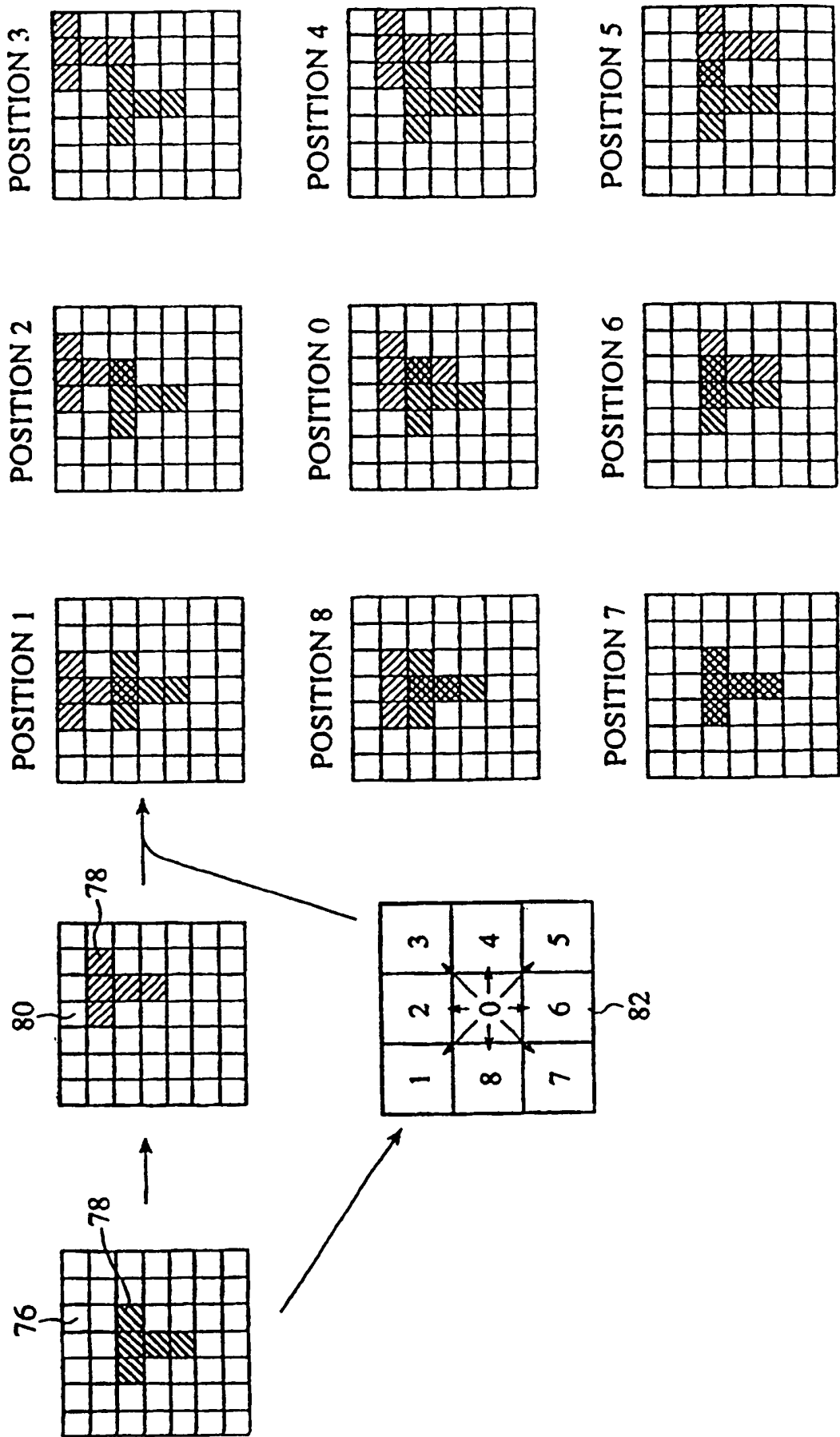


FIG. 6

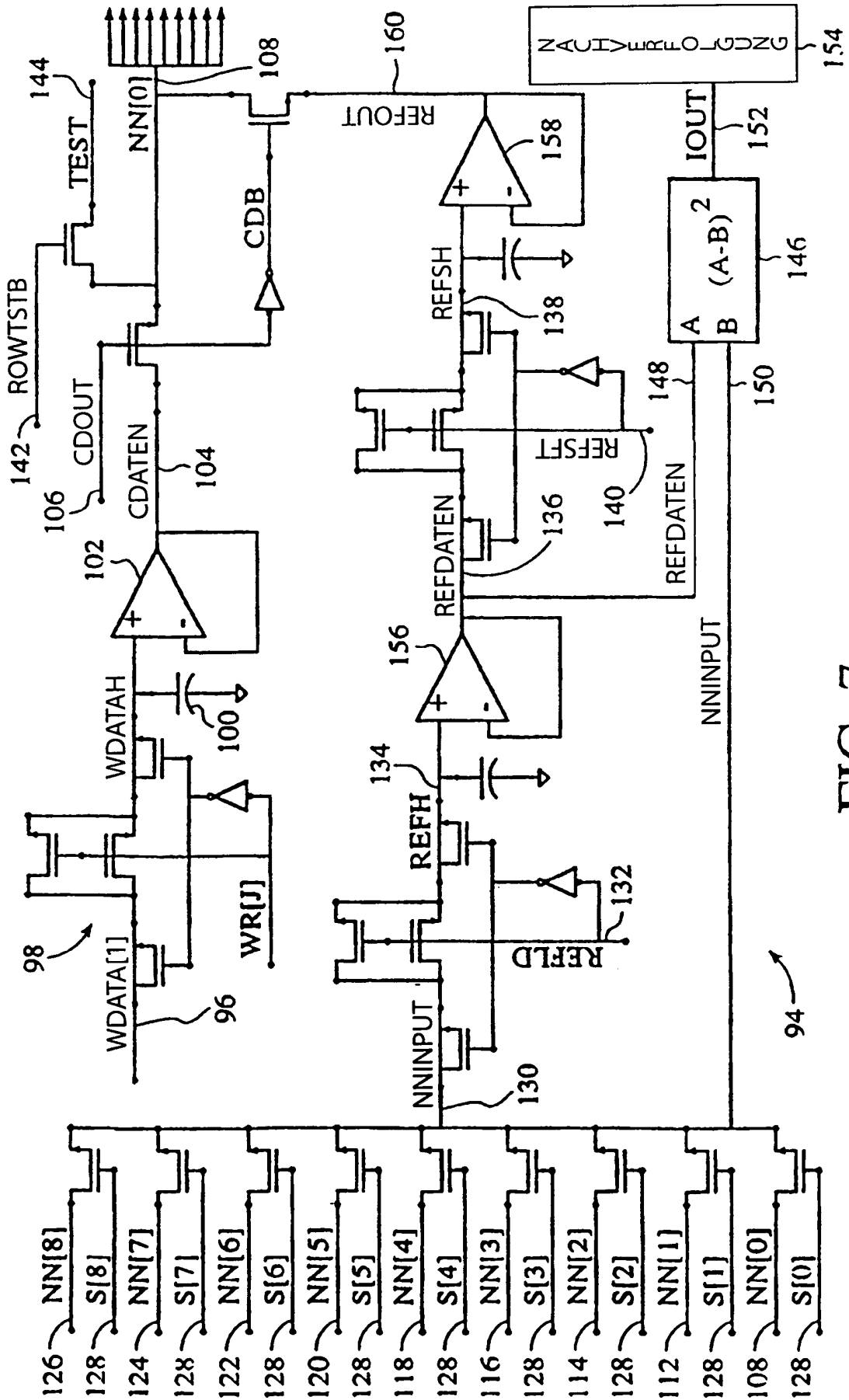


FIG. 7